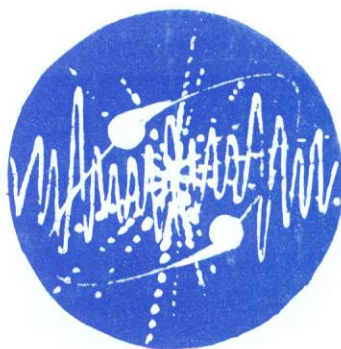


B3
C880

**МАТЕРИАЛЫ
XL МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

**«Студент
и научно-технический
прогресс»**



✓ **ФИЗИКА**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МАТЕРИАЛЫ
XL МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

«Студент и научно-технический прогресс»

Приводятся результаты экспериментов, сравнение времени работы алгоритмов в разных условиях.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук В.А. Дебелов.

председатель – ин.-кор. А.П. Асеев

ФИЗИКА

д-р физ.-мат. наук проф. Н.П. Трякина
д-р физ.-мат. наук доц. В.И. Мельник
д-р физ.-мат. наук проф. М.М. Карякин
д-р физ.-мат. наук доц. В.М. Ахуяренко
д-р физ.-мат. наук доц. В.И. Мельник
д-р физ.-мат. наук проф. М.М. Карякин
д-р физ.-мат. наук доц. В.М. Ахуяренко

Основными направлениями являются: комплексные решения в программных и аппаратных средствах одного производства и набор универсальных средств, связанных в одно целое, использование комплексных решений связано с векторными проблемами.

фиксированный набор поддерживаемых протоколов
ограниченный набор выполняемых функций
полная совместимость с компонентами
при создании же системы на базе универсальных средств остро встает
связи элементов в единое целое. Поэтому создание компонента
Новосибирский государственный университет, 2002

УДК 55 И ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ СОДЕЙСТВИЯ СОТРУДНИЧЕСТВУ С УЧЕНЫМИ ИЗ НОВЫХ НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ БЫВШЕГО СОВЕТСКОГО СОЮЗА (INTAS) (грант № 02-01-10020)

Материалы XL Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Физика / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2002. 162 с.

Спонсоры конференции

Российский фонд фундаментальных исследований (грант № 02-01-10020)

Международная ассоциация содействия сотрудничеству с учеными из новых независимых государств бывшего Советского Союза (INTAS) (грант № 02-МО-234)

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук

Редакционная коллегия

председатель – чл.-кор. А.Л.-Асеев

зам. председателя – канд. физ.-мат. наук А.Е.-Зарвин

члены бюро – науч. сотр. М.Ю.-Шадрин, проф. З.Д.-Квон,

д-р физ.-мат. наук Л.А.-Боярский, д-р хим. наук, проф. Н.П.-Грицан,
д-р физ.-мат. наук, доц. В.П.-Мальцев, д-р физ.-мат. наук А.В.-Бурдаков,
д-р техн. наук, проф. М.М.-Карлинер, чл.-кор. С.Г.-Раутиан,
проф. В.М.-Аульченко, д-р физ.-мат. наук И.А.-Кооп, акад. А.К.-Ребров

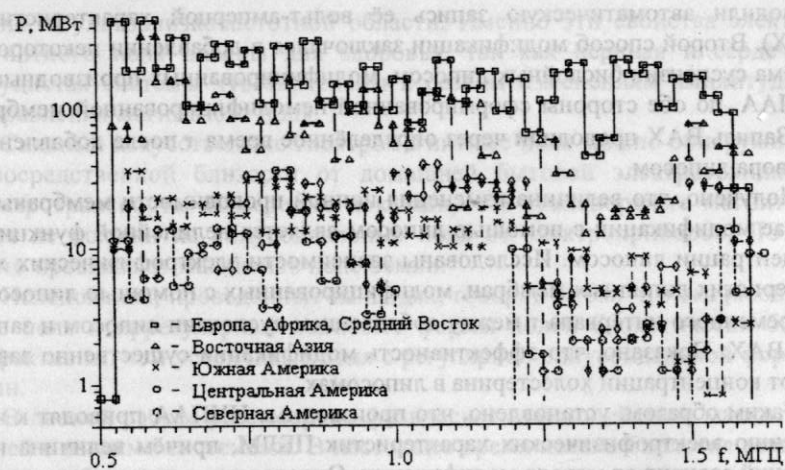
528943



© Новосибирский государственный университет, 2002

ИЗДАТЕЛЬСТВО

2002



В ночных условиях поглощение волн СВ-диапазона ионосферой сравнительно мало. Поэтому уровень антропогенного загрязнения определяется суммой энергий поверхностной волны и волн, отраженных от ионосферы. В дневных – практически вся энергия поглощается нижней ионосферой, и антропогенная составляющая фона обусловлена земной волной.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук П.М. Нагорский.

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

ПРОЕКТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО КИЛЬВАТЕРНОМУ УСКОРЕНИЮ НА ИНЖЕКЦИОННОМ КОМПЛЕКСЕ ВЭПП-5

А.В. Петренко

Новосибирский государственный университет

Инжекционный комплекс ВЭПП-5, строящийся в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера, предназначен для обеспечения электронами и позитронами накопителей ВЭПП-4 и ВЭПП-2000. Поскольку производительность форинжектора с большим запасом перекрывает потребности ВЭПП-4 и ВЭПП-2000, возникла идея использовать пучки инжекционного

комплекса для экспериментов по кильватерному ускорению. Цель данной работы – проект экспериментальной установки, которая должна состоять из трех основных частей: системы подготовки и доставки пучка, плазменной секции и отклоняющего магнита для определения спектра электронов.

Проектные параметры сгустка электронов на выходе форинжектора ВЭПП-5: число частиц – $(2 \div 5) \cdot 10^{10}$, энергия – 510 МэВ, длина – 4 мм, поперечные размеры – $1,5 \times 0,03$ мм.

Предложена схема «нарезки» пучка, позволяющая задавать различные профили плотности драйвера в кильватерном ускорителе. Для этого сгусток электронов, имеющий вытянутую в направлении движения форму, надо развернуть на 90° вокруг центра, пропустить через коллиматор из металлических пластин и повернуть еще на 90° . Подобные манипуляции можно осуществить внутри поворота из двух отклоняющих 45° -магнитов, причем электронному сгустку необходимо сначала придать энергетический разброс (в 2 %) вдоль продольной координаты (линейный рост энергии от хвоста к голове пучка). Этим способом исходного 4 мм-пучка можно получить последовательность коротких сгустков.

Плотность плазмы, соответствующая заданным параметрам электронного пучка, должна варьироваться в пределах от 10^{13} до 10^{16} см $^{-3}$, длина – $1 \div 2$ м. Рассмотрено несколько вариантов плазменной части установки, в итоге приемлемым оказался способ создания плазмы прямым замагниченным разрядом в металлической камере. Произведены оценки параметров импульсного соленоида на 1 Т и 10 мс, необходимого для развития пробоя в длинной металлической трубе.

Основная новизна работы заключается в возможности исследования режимов создания кильватерной волны с различными конфигурациями драйверного и ускоряемого сгустков. Ожидаемые кильватерные поля $\sim 100 \div 1000$ МВ/м.

Научные руководители – д-р физ.-мат. наук А.В. Бурдаков, канд. физ.-мат. наук П.В. Логачев.

ДИАГНОСТИКА ЖЕЛОБКОВОЙ (ПЕРЕСТАНОВОЧНОЙ) НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ЛОВУШКЕ (ГДЛ)

М.С. Чашин

Новосибирский государственный университет

Желобковая (перестановочная) неустойчивость является одной из основных проблем при реализации устойчивого удержания плазмы в открытых ловушках (например, в ГДЛ) [1]. Топология силовых линий ловушки

являются причиной развития неустойчивости. Стабилизация плазмы может осуществляться использованием антипробкотрона [2]. В работе представлен метод диагностики желобковой (перестановочной) МГД неустойчивости плазмы. Используется система плоских зондов, установленная на плазмодриемнике расширителя, регистрирующая поток плазмы из центральной области ловушки. Сделаны первые измерения и анализ радиального распределения потока плазмы. Проведено сравнение МГД устойчивого и неустойчивого режимов удержания. Прослежено влияние радиального электрического поля в плазме на ее устойчивость. Отмечено возникновение более стабильного состояния плазмы в ловушке при изменении профиля потенциала в плазме. Представлены измерения в различных режимах стабилизации, задаваемых распределением потенциала.

1. Кролл Н., Трайвелпис А. Основы физики плазмы. М., 1975. С. 190 – 196.

2. Анисеев А.В., Багрянский П.А. и др. МГД – устойчивость плазмы в газодинамической ловушке, стабилизированной антипробкотроном: Препринт ИЯФ. 94-90. 1994.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук П.А. Багрянский.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРОНОВ ПО СКОРОСТЯМ

И.О. Орлов

Новосибирский государственный университет

Цель работы – экспериментальное изучение распределения по скоростям электронов, покидающих катод вакуумного диода при термоэлектронной эмиссии. Для этого достаточно изучить вольт-амперную характеристику (ВАХ) диода при запирающем токе диода.

Распределение электронов по скоростям в металле описывается статистикой Ферми – Дирака, которая существенно отличается от классической статистики частиц в газе. Однако при термоэлектронной эмиссии катод покидают лишь самые быстрые электроны, и эмитированные из катода электроны подчиняются статистике Максвелла – Больцмана. Полный ток термоэлектронной эмиссии определяется как

$$I = \frac{2I_0}{\sqrt{2\pi}} \left[xe^{-x^2} + \int_x^{\infty} e^{-y^2} dy \right]$$

В вакуумном диоде между анодом и катодом возникает контактная разность потенциалов, так как они сделаны из различных материалов. КРП

складывается с приложенным к диоду напряжением, и при потенциале анода $U_a = U_{КРП} - \Delta \phi_{a-c}^{(e)}$ суммарная разность потенциалов равна нулю, то есть напряжение на аноде необходимо отсчитывать от значения $U_{КРП}$: $U^* = U - U_{КРП}$.

В области запирающего тока диода при $U_a < U_{КРП}$ температура катода не зависит от потенциала анода U_a . При прохождении приложенного к диоду напряжения через значение КРП диод переходит в режим ограничения анодного тока потенциалом анода. Приближенно внешнюю контактную разность потенциалов $U_{КРП}$ можно определить как напряжение, при котором в области $U_a < U_{КРП}$ зависимость $T_e(U - U_{КРП})$ отсутствует.

Предлагаемая методика обработки данных:

1. Определяется ВАХ диода – зависимость $I(U_a)$;
2. Делается предположение о значении КРП диода.
3. На основании этого предположения по снятой зависимости определяется величина полного тока эмиссии I_0 .
4. Методом обратной задачи по графику $I/I_0 = f(eU/kT)$ определяется зависимость температуры электронного газа от напряжения на аноде.
5. По излому на графике зависимости определяется следующее приближение для контактной разности потенциалов КРП*.

Обработка считается законченной, если для КРП* = $U_0 + \Delta U$ температура электронного газа не зависит от напряжения на аноде, а для КРП* = U_0 излом находится вблизи начала отсчета энергии.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук В.Т. Астрелин.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОГО ТОКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ ВЫСОКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ

И.О. Орлов, Р.И. Уросов

Новосибирский государственный университет

Целью данной работы стало теоретическое описание принципов работы ионизатора, создание модели ионизатора с высоковольтным источником питания и проведение серии экспериментов с моделью.

Теоретическая схема работы ионизатора:

1. На острия подается отрицательный потенциал высокого уровня (30–50 кВ). Возле острия из-за сильной кривизны поверхности возникает электрическое поле напряженностью до 10^6 – 10^7 В/см. При таких полях начинается автоэлектронная эмиссия.

2. Электроны металла острий под действием электрического поля проходят под потенциальным барьером атома (туннельный эффект) и вырываются из металла.

3. В атмосфере образуется поток электронов от острий к заземленному экрану.

4. При столкновении электрона с молекулами O_2 происходит трехчастичная реакция $e^- + 2O_2 \rightarrow O_2^- + O_2$. «Лишняя» частица O_2 уносит энергию и стабилизирует изначально неустойчивую систему O_2^- .

5. Таким образом, на заземленный экран приходит поток отрицательных аэроионов O_2^- , который образует ток отрицательной полярности с экрана на землю.

Схема работы системы с положительным потенциалом:

1. Под действием электрического поля из компонент атмосферного воздуха, имеющих достаточно низкий потенциал ионизации (N_2 , CO_2 и др.), вырываются электроны – явление автоионизации. Нейтральные молекулы превращаются в положительные ионы.

2. Таким образом, на заземленный экран приходит поток положительных ионов, который образует ток положительной полярности с экрана на землю. Поток освободившихся электронов приходит на острия ионизатора.

Нами проведено компьютерное моделирование состояния поля возле острий.

Измерен ток эмиссии с острий ионизатора на экран и получена зависимость тока эмиссии от расстояния до острий.

Получена вольт-амперная характеристика ионизатора – зависимость ионного тока от величины поданного на острия потенциала для различных расстояний до экрана. Экспериментальные значения хорошо ложатся на параболы – теоретические кривые вольт-амперной характеристики коронного разряда. Получена зависимость потенциала зажигания коронного разряда от расстояния до экрана.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.С. Золкин.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ВОЛН ПЛОТНОСТИ В ГАЛАКТИЧЕСКОМ ДИСКЕ МЕТОДОМ ЧАСТИЦ В ЯЧЕЙКАХ

А.В. Снытников

Новосибирский государственный университет

В астрофизике большой интерес представляет задача формирования структуры галактики. Цель данной работы заключается в том, чтобы выяс-

нить зависимость спектрального состава волн плотности от начальных условий и проследить развитие волновой картины со временем.

Описание динамики диска галактики представляет собой задачу многих тел в самосогласованном гравитационном поле. Вещество диска подчиняется системе уравнений гравитационной динамики, которая состоит из уравнения Пуассона и уравнения Власова – Лиувилля. В такой постановке задача аналогична моделированию бесстолкновительной электростатической плазмы. Для решения уравнения Власова в данной работе используется метод частиц в ячейках.

Дисперсионное уравнение для волн плотности, которое следует из уравнений звездной динамики, совпадает с таковым для волн пространственного заряда в плазме. В данной работе было получено дисперсионное уравнение для случая квазитрехмерного диска и проведен анализ корректности такой модели.

Тестирование построенной вычислительной модели было выполнено сравнением с аналитическим критерием Тумре. В этом критерии утверждается, что неустойчивости не могут возникать, если дисперсия скоростей звезд превышает критическое значение. Такое поведение диска было подтверждено вычислительными экспериментами, однако величина критического значения, указанная Тумре, представляется неточной.

В ходе моделирования было замечено, что для динамически холодного диска (с близкой к нулю дисперсией скоростей звезд) характерно нарастающее со временем преобладание длинноволновых «барообразных» мод. Напротив, для динамически горячих дисков амплитуда всех гармоник незначительна, и заметного изменения спектральной плотности со временем не происходит.

Расчеты проводились на кластере ИК СО РАН и на суперкомпьютере МВС-1000М.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Г.И. Дудникова.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТОКОВ НЕЙТРАЛОВ ПЕРЕЗАРЯДКИ НА УСТАНОВКЕ ГОЛ-3

М.А. Веденёв

Новосибирский государственный университет

Работа направлена на изучение плазмы на установке ГОЛ-3. Установка ГОЛ-3 предназначена для нагрева и удержания плотной горячей плазмы в аксиально-симметричной магнитной системе. Плазма нагревается мощным электронным пучком. Плотность плазмы 10^{15} см^{-3} , электронная температу-

ра до 2 кэВ, ионная температура – сотни эВ. Цель работы измерить энергетический спектр нейтралов перезарядки с высокой энергией. Эти нейтралы характеризуют высокоэнергетический хвост распределения ионов по энергии. Аппроксимируя энергетический спектр нейтралов перезарядки, можно получить температуру ионов в плазме, т. е. этот метод является прямым методом измерения ионной температуры. Нейтралы перезарядки вылетают из установки ГОЛ-3 через боковой фланец и попадают в камеру обдирки, где обдираются до ионов, затем ионы попадают в электрическое поле под углом 45 градусов и электростатически разделяются по энергии. Фиксируются ионы анализаторами.

Корпус анализатора выполнен из стали армко, которая экранирует прибор от электрических и магнитных наводок.

Расчеты показывают, что плотность нейтралов в плазме 10^{10} см^{-3} , нейтралы образуются в плазме ГОЛ-3 со скоростью $10^{16} \text{ шт}/(\text{с}\cdot\text{см}^3)$. Поток атомов из установки ГОЛ-3 в боковой фланец равен $10^{11} \text{ шт}/\text{с}$. На входе в анализатор поток ионов $10^5 \text{ шт}/\text{с}$, что соответствует эквивалентному току 10^{-13} А .

Научные руководители – д-р физ.-мат. наук В.С. Койдан, асп. А.А. Шошин.

ОПТИЧЕСКАЯ ПИРОМЕТРИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ

А.Г. Егоров, О.П. Маликов

Уфимский государственный авиационный технический университет

Для реализации задач высоких технологий с использованием низкотемпературной плазмы, в частности создания износостойких и коррозионно-стойких покрытий на деталях машин и механизмов, контроля температуры рабочего тела МГД-генераторов, требуется надежное определение температуры плазмы.

Контактные методы измерения температуры не всегда обеспечивают решение данных задач. В работе изложены два метода определения температуры плазмы.

Суть первого метода состоит в следующем. На основе формулы Планка получено аналитическое выражение, позволяющее определять температуру объекта без ограничения температуры в произвольной спектральной области. Диагностируемый газовый поток просвечивается излучением абсолютно черного тела (АЧТ), это излучение модулируется прерывателем светового потока. Таким образом, на основе полученных сигналов, регистрируемых фотозащитой и пропорциональных трем интенсивностям

(АЧТ, плазмы и их суммарной интенсивности), с помощью микропроцессора рассчитывается искомая температура.

Второй метод основан на измерении относительной интенсивности двух спектральных линий. В методе определяется интенсивность плазмы на двух определенных длинах волн с учетом конечной ширины спектральных линий. Данный метод позволяет проводить измерения в производственных условиях, когда среда между изучаемым объектом и приемником излучения запылена, содержит газообразные продукты сгорания.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. А.Х. Шарфштейн.

ПЛАЗМЕННО-ПЫЛЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ПРИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В.С. Зимнухов

Институт теплофизики экстремальных состояний
Объединённого института высоких температур РАН

В неидеальной плазме кулоновское взаимодействие между частицами преобладает над их тепловой энергией, благодаря чему частицы образуют упорядоченные структуры – плазменные жидкости и кристаллы. В настоящее время особое внимание привлекает пылевая плазма, так как она позволяет получать высокие параметры неидеальности ($\gamma = Z^2 e^2 n^{1/3} / kT \sim 10^5$) за счёт значительной величины заряда макрочастиц ($Z \sim 10^4 - 10^5$). Неидеальность плазмы можно увеличить за счёт уменьшения теплового движения ионов и пылевых частиц, охладив их до температуры кипения жидкого азота (77 К).

В настоящей работе исследованы пылевые структуры в плазме тлеющего разряда постоянного тока и емкостного ВЧ-разряда при охлаждении до температуры 77 К. В тлеющем разряде наблюдалась протяжённая пылевая структура длиной около 30 см, занимающая почти весь объём положительного столба тлеющего разряда. При понижении давления пылевая структура разбивается на несколько частей длиной 4–5 см. На формирование структур в пылевой плазме значительное влияние оказывают продольные силы термофореза, пропорциональные градиенту температуры. Действуя на пылевую структуру со стороны более нагретого катода и той части трубки, что находится при комнатной температуре, они удерживают структуру, формируя как бы тепловую ловушку вдоль вертикали.

В емкостном ВЧ разряде при криогенной температуре возникает очень плотная пылевая структура. Расстояния между частицами даже при хорошем увеличении трудно различимы. Несмотря на то что плотная структура

шагом в решении задачи томографической диагностики нелинейных неоднородных сред.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. В.П. Якубов.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ШД5

О.В. Беликов

Новосибирский государственный университет

В данной работе рассматривается электропривод для шагового двигателя ШД5, разработанный взамен существующего ПШД5/80 (разработка ИЯФ). Необходимость модернизации, а также ожидаемые характеристики нового блока описывались нами ранее. В настоящее время изготовлен макетный образец привода и отработан алгоритм управления. В данной работе обсуждаются полученные результаты: реализация дробления шага на четыре, фазовые характеристики токов в обмотках и динамика двигателя. Использование программируемой логической матрицы семейства АСЕХ позволило внести возможность контроля механических перемещений с помощью инкрементального датчика, установленного на роторе двигателя. Сейчас изготавливается пробная партия из пяти приводов для замены на станке с ЧПУ в ИЯФе.

Беликов О.В. Модернизация электропривода шагового двигателя ШД5 // Труды XXXIX МНСК «Студент и научно-технический прогресс». Физика. Новосибирск, 2001. С. 150.

Научный руководитель – науч. сотр. Ш.Р. Сингатулин.

УПРАВЛЕНИЕ ПЗС-МАТРИЦЕЙ ФОТОКАМЕРЫ НА ПУЧКОВОМ ДАТЧИКЕ ВЭПП-5 И ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ С НЕЕ

В.В. Булдыгеров

Новосибирский государственный университет

На ускорительно-накопительном комплексе ВЭПП-5 для диагностики пучка ускоряемых элементарных частиц используется пучковый датчик. Принцип действия пучкового датчика состоит в том, что ускоряемый пучок пересекается вспомогательным пучком электронов, который после взаимодействия попадает на люминофорный экран с усиливающей микро-

канальной пластиной. По изображению на люминофоре можно определять параметры ускоряемого пучка. Для автоматического получения и обработки информации с люминофора была разработана и изготовлена специализированная цифровая фотокамера для пучкового датчика со следующими параметрами: разрешение 659x494 полутоновых пикселя с разрядностью АЦП 10 бит, возможность внешнего синхрозапуска, управляемый электронный затвор с временами экспозиции от 1/10000 до 30 с, управляемый коэффициент усиления, возможность считывания части кадра с отсечкой верхней и нижней части. Управление камерой осуществляется подачей команд в виде последовательного кода. Функции управления реализованы микропрограммами для ПЛИС Altera. В виде отдельного блока разработано и изготовлено устройство передачи информации с фотокамеры на компьютер по протоколу 100 Mb *ethernet*. Поддержка протокола *ethernet* также реализована микропрограммами для ПЛИС Altera. Протокол позволяет осуществлять связь на расстоянии до 50 метров в условиях сильных электромагнитных помех ускорительно-накопительного комплекса за счет заминания кадра изображения в оперативной памяти приемно-передающего блока и возможности повтора передачи части информации, искаженной помехами. Достигается максимальная скорость передачи информации до 30 кадров в секунду. Также существует возможность собирать многоканальные системы на основе стандартного оборудования для локальных сетей 100 Mb *ethernet*.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук П.В. Логачев.

ДУКАНАЛЬНЫЙ ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ СИСТЕМЫ СКАНИРОВАНИЯ ПУЧКА ДЛЯ УСКОРИТЕЛЕЙ ТИПА ЭЛВ

В.Е. Долгополов

Новосибирский государственный университет

Современные технологии широко используют электронные пучки в процессах радиационной сшивки полимеров (полиэтилен, полихлорвинил, поливинилхлорид и т. д.), радиационного отверждения полимерных материалов, стимулирования или инициирования химических реакций, очистки дыма, очистки сточных вод, дезинфекции зерна. Общее количество ускорителей электронов, установленных в технологических линиях, исчисляется сотнями.

Пучок электронов выводится в атмосферу через выпускное окно из титановой фольги. При этом пучок сканируется в двух взаимно перпендикулярных направлениях, равномерно заполняя окно. Размер раstra на фольге

определяется величиной тока сканирования. пилообразный ток в электромагнитных сканированиях получается интегрированием напряжения прямоугольной формы собственной индуктивностью. Эти напряжения формируются блоком генераторов развёртки. Величина выходного напряжения, а, следовательно, и тока сканирования, определяется регулируемым источником питания блока генераторов.

Данная работа посвящена разработке источника питания системы сканирования пучка со следующими параметрами: выходное напряжение может регулироваться в пределах от 0 до 200 В, точность стабилизации составляет 0,1 %, количество независимых каналов – 2, выходная мощность 200 Вт на канал. Включение и выключение блока, а также регулировка выходного напряжения осуществляется внешним сигналом от управляющей станции ускорителя. Предусмотрена защита по максимальному току, защита от перенапряжения.

Особое внимание уделяется точности установки выходного напряжения. Изменение его величины может привести как к изменению размеров раstra, т.е. нарушению технологических требований, так и (при большом отклонении) к выходу из строя выпускного устройства.

Инвертор выполнен на IGBT-транзисторах типа IRG4PC50 производства фирмы International Rectifier. Регулировка выходного напряжения осуществляется методом широтно-импульсной модуляции. Схема управления реализована на основе ИМС типа UC3895.

В настоящий момент создан опытный образец источника питания, идет его отладка и корректировка основных параметров схемы при различных режимах работы.

Научный руководитель – канд. техн. наук П.И. Немытов.

ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ И СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УЧПУ-СТАНКОВ

В.А. Журавлев

Новосибирский государственный университет

Основная задача модернизации станков с устройствами числового программного управления (УЧПУ) – повышение надежности электроники, увеличение точности и производительности станков. Применение персональных компьютеров (ПК) в этом процессе – одно из основных направлений в комплексе работ по модернизации. В Институте ядерной физики СО РАН в ходе модернизации УЧПУ проделана следующая работа: замена

перфоленточных устройств ввода обрабатываемых программ на линию связи с ПК, замена микропроцессорного комплекта УЧПУ на одноплатный контроллер Д60 и, наконец, разработка средств тестирования и наладки УЧПУ.

Представленный доклад описывает аппаратно-программный комплекс сервисной поддержки перечисленных разработок и тестирования оборудования, который включает следующие компоненты:

1. Программно-аппаратная эмуляция пультового терминала УЧПУ с использованием интерфейсов связи – универсального (разработанного ранее для ПК) и специального, имитирующего штатные устройства микропроцессорного комплекта УЧПУ: пульт и устройства ввода/вывода. Это позволяет выполнять тестирование оборудования, а также считывание содержимого системного ПЗУ (для загрузки в ПЗУ контроллера Д60), используя программное обеспечение и технические средства ПК.

2. Мобильная система контроля (МСК) на базе портативного компьютера и одноплатных станций. Разработан связной интерфейс (подключаемый к параллельному порту), комплект наладочных плат и соответствующее программное обеспечение. МСК дает возможность выполнять обслуживание УЧПУ непосредственно в условиях цеха.

3. Система загрузки штатных тестов с диска ПК (обычно тесты поставляются производителем УЧПУ в перфоленточном формате). Такая возможность существенно упрощает обслуживание УЧПУ, а также наладку контроллеров Д60 и избавляет наладчиков от необходимости освоения и аппаратной поддержки достаточно сложной операционной среды, необходимой ранее.

Научный руководитель – канд. техн. наук Э.Л. Неханевич.

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ЦАП В СТАНДАРТЕ VME

С.И. Зверев

Новосибирский государственный университет

Для управления ускорительно-накопительными комплексами от ЭВМ необходимы прецизионные цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). В ИЯФе существуют разработки в этой области: в частности, это DAC-20, ЦАП16-16, ЦАП-2-16, CDAC-20, но они выполнены в стандарте КАМАК, CAN. В настоящее время в системах автоматизации часто используется стандарт VME. В связи с этим было решено разработать прецизионный ЦАП в стандарте VME. Требуемая точность 10⁻⁵, а диапазон выходного напряжения -10..+10 В.

В качестве базового элемента была выбрана микросхема фирмы *Bur-Brown* DAC1220, обладающая требуемыми характеристиками и невысокой стоимостью (~\$10).

DAC1220 состоит из сигма-дельта-модулятора второго порядка, цифрового и аналогового фильтра, набора регистров и микроконтроллера для управления ими, схемы последовательного интерфейса и генератора. Разрядность DAC1220 – 20 бит, опорный источник – внешний.

DAC1220 имеет последовательный интерфейс, через который происходит и запись кода в микросхему, и ее конфигурирование. У DAC1220 есть 5 регистров, доступных для записи и чтения по последовательному интерфейсу. Среди них есть регистр данных, куда записывается входной код, регистр команд, куда записываются команды, которые необходимо выполнить. Также есть регистр смещения, масштаба и регистр управления.

Была поставлена задача объединить DAC1220 и VME-интерфейс в одном блоке.

Чтение и передача данных и команд по VME-интерфейсу осуществлено на программируемой микросхеме фирмы *Altera* 10K10TC144-4. С ее же помощью происходит запись данных через оптопары в DAC1220, что также обеспечивает гальваническую развязку выхода блока от шины VME.

Научный руководитель – В.К. Овчар

МОДУЛЬ КОНТРОЛЯ ЗА ПАРАМЕТРАМИ УСТАНОВКИ «ВИГГЛЕР»

М.С. Кочергин

Новосибирский государственный университет

При разработке системы управления установкой «вигглер» встал вопрос о контроле состоянии «вигглера» при сбое или выходе из строя системы управления.

Для решения этого вопроса был разработан модуль в стандарте VME, осуществляющий автономный (независимый от системы управления) контроль основных параметров «вигглера» и в случае выхода контролируемых параметров из рабочих диапазонов вырабатывающий сообщение в центр управления. Таким образом, основная задача модуля заключается в периодической проверке основных параметров «вигглера», таких как состояние токовых выводов, величина магнитного поля, уровень жидкого гелия и давление в криостате, и в зависимости от них выдавать несколько сигналов оповещения об изменении состояния системы. Кроме того, данные о состоянии «вигглера» могут быть прочитаны через VME-шину.

Контроль за параметрами установки осуществляется с помощью сравнения поступающих входных сигналов с опорным напряжением по десяти

независимым дифференциальным каналам. Точность контроля напряжения составляет не ниже 0,1 %. Время на измерение параметров установки задаётся из модуля. Также осуществляется контроль за частотой обращения к модулю системой управления. Если модуль не опрашивался некоторое заданное время, то он генерирует сигнал в центр управления о том, что произошёл сбой или отказ системы управления.

В настоящий момент модуль изготовлен и отлаживается.

Научный руководитель – науч. сотр. В.Я. Сазанский.

КОНТРОЛЛЕР ИЗМЕРИТЕЛЯ ПОТОКА ГАЗА

А.В. Мацко

Новосибирский государственный университет

В ИЯФе в настоящее время используются измерители потока газа, способные контролировать поток. Суть измерения состоит в сообщении тепла газу при прохождении через измеритель потока и измерении изменения температуры. Ограничение потока осуществляется путём перекрытия канала электромагнитным клапаном. Для питания измерителя потока необходимо двуполярное питание ± 15 В. Управление осуществляется с помощью напряжения ограничения потока газа от 0 до 5 В. Измеритель потока газа выдаёт значение потока в виде напряжения от 0 до 5 В.

Описывается проект контроллера измерителя потока газа. Контроллер разработан на базе микропроцессора *AduC812*, имеющего встроенные восьмиканальный двенадцатиразрядный АЦП и два двенадцатиразрядных ЦАПа. Выходное напряжение одного канала ЦАПа используется в качестве напряжения ограничения потока газа. Один канал АЦП используется для преобразования напряжения с выхода измерителя потока газа, остальные каналы не используются. Реализован простой пользовательский интерфейс в виде жидкокристаллического 16-разрядного текстового индикатора и трёх клавиш управления, позволяющий отображать результаты измерения в выбранном виде. Реализована связь с компьютером по стандартному протоколу обмена RS232. Написана программа, позволяющая получать данные с измерителя потока газа в графическом виде, и управлять измерителем с помощью компьютера. Для получения двуполярного напряжения использовался стандартный DC/DC преобразователь TEN 5-1223.

На данный момент изготовлен опытный образец, ведётся доработка протокола связи с компьютером и пользовательского интерфейса.

Научный руководитель – канд. техн. наук С.В. Тарарышкин.

ЗАРЯДНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ВЭПП-2000

Д.В. Сеньков

Новосибирский государственный университет

В настоящее время в ИЯФе ведутся работы по созданию нового ускорительно-накопительного комплекса ВЭП-2000 на базе комплекса ВЭПП-2М, проработавшего более 10 лет.

Для питания импульсных элементов каналов транспортировки пучка комплекса ВЭПП-2000 будут использованы восьмиканальные импульсные генераторы АККОРД, питающие импульсные элементы комплекса ВЭПП-2М.

Наша работа заключается в разработке нового зарядного преобразователя для импульсных генераторов на смену тому, который используется в ВЭПП-2М. Основные характеристики инвертора: частота преобразования – 25 кГц, средний зарядный ток – до 2,5 А, зарядное напряжение – до 1000 В, наличие корректора коэффициента мощности.

Зарядный преобразователь построен по мостовой схеме со стабилизатором тока на IGBT-ключках. Инвертор содержит корректор коэффициента мощности, работающий по схеме с непрерывным током. Момент коммутации ключей преобразователя может синхронизироваться внешним задающим генератором. Это сделано с целью повышения электромагнитной совместимости компонентов системы питания при работе нескольких импульсных генераторов.

В настоящее время собрана и отлаживается плата управления преобразователем.

Научный руководитель – ст. науч. сотр. Ю.Ф. Токарев.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ КАК СРЕДСТВА ПОДАВЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПОПЕРЕЧНЫХ СВЯЗАННЫХ МОД

К.И. Попов

Новосибирский государственный университет

Неустойчивость поперечных связанных мод – это основной фактор, ограничивающий ток пучка в современных больших накопителях заряженных частиц. Подобного рода неустойчивость возникает вследствие электромагнитного взаимодействия пучка заряженных частиц с окружающей

структурой. В крупных накопителях такое взаимодействие вызывает т.н. однооборотные эффекты, при которых голова пучка наводит в структуре поля, действующие на его хвост. При достижении током некоторого порогового значения пучок становится неустойчивым и теряется. Для борьбы с неустойчивостью может быть использована обратная связь. Она вводится при помощи электродов, помещаемых в вакуумную камеру накопителя: один или два электрода служат для измерения положения пучка; один электрод используется для воздействия на пучок. В посвященных обратной связи теоретических работах, опубликованных до сих пор, влияние ее на пучок было исследовано недостаточно полно. Так, в ряде работ было показано, что резистивная обратная связь неэффективна в качестве средства подавления неустойчивости связанных мод, рекомендуется использовать реактивную обратную связь. Однако на экспериментальных установках, в частности на ВЭПП-4, было показано, что и резистивная обратная связь может обеспечить увеличение порога, причем иногда даже большее, чем реактивная обратная связь. В работе численно исследованы уравнения движения пучка в модели непрерывной среды с учетом обратной связи. При введении обратной связи учитывается, что она эффективно действует лишь на центр масс пучка. В уравнениях также участвует хроматизм. Экспериментально и теоретически в ряде работ показано, что наличие отрицательного хроматизма делает неустойчивой нулевую моду, описывающую колебания центра масс, и устойчивыми все остальные моды.

Идея работы состоит в том, чтобы при наличии отрицательного хроматизма посредством резистивной обратной связи внести затухание колебаний центра масс пучка. Из полученных результатов следует, что при включении обратной связи с отрицательным хроматизмом порог можно увеличить в несколько раз. Проведены исследования для LEP и ВЭПП-4. Данные численного эксперимента без обратной связи с хорошей точностью совпадают с экспериментальными данными, реально полученными на указанных накопителях.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. М.М. Карлинер.

ПРОЕКТ НОВОГО БЛОКА БЫСТРОЙ ЗАЩИТЫ МОДУЛЯТОРА КЛИСТРОНА K5045

А.С. Чаринцев

Новосибирский государственный университет

Описывается проект нового блока быстрой защиты модулятора клистрона. Основной функцией блока быстрой защиты является превентивная защита модулятора и клистрона при отклонениях от нормального режима

работы. Блок контролирует рабочие параметры модулятора и клистрона. При отклонении их от нормальных значений блок может блокировать работу тиристорного регулятора, снимать запуски тиратронов и вызывать выключение высокого напряжения. Реакция блока зависит от конкретного отклонения. Информация о любом отклонении отображается с помощью светодиодной индикации на передней панели блока, а также может быть передана с помощью встроенного интерфейса CANBUS в управляющий компьютер в пультовой.

Блок будет выполнен в стандарте «Вишня», иметь на лицевой панели светодиодную индикаторную панель.

Научный руководитель – науч. сотр. А.Г. Чупыра.

КВАНТОВАЯ ОПТИКА

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В РАСЧЕТАХ ПРОДОЛЬНО-ПОПЕРЕЧНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ФУНКЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Н.А. Моисеенко

Томский государственный университет

При распространении светового поля в случайно-неоднородной среде для ряда приложений, например для расчета средней плотности дислокаций в турбулентной атмосфере, требуется знание корреляционной функции флуктуаций интенсивности флуктуаций логарифма амплитуды в точках, разнесенных не только в поперечном сечении пучка, но и в продольном направлении (продольной корреляционной функции). В настоящее время имеются достаточно проверенные экспериментальные и теоретические данные, касающиеся статистического поведения интенсивности светового поля в поперечной плоскости. Так, в работах С.И. Белоусова, В.М. Джулакяна, В.У. Заворотного приведены экспериментальные данные по измерению продольной корреляции интенсивности света в реальной атмосфере для области слабых флуктуаций и больших значений волнового параметра. Эти результаты достаточно хорошо согласуются с выводами, следующими из метода плавных возмущений (метода Рытова).

Представляет интерес получение опытных и теоретических данных о поведении продольно-поперечной корреляции в более широкой области – для насыщенных и «промежуточных» флуктуаций интенсивности. Сейчас

уже имеется такой расчет для сильных флуктуаций, но наиболее интересен случай для области «фокусировки флуктуаций» – области между слабыми и насыщенными флуктуациями. В связи с этим мы предлагаем использовать эвристический подход для расчетов продольно-поперечной корреляционной функции флуктуаций интенсивности. Ведь применение этого подхода для расчетов дисперсии и пространственной корреляции интенсивности в одной плоскости приводит к результатам, которые хорошо согласуются с экспериментом.

В предлагаемой работе на основе эвристического подхода получены расчетные формулы и выполнен численный анализ продольно-поперечной корреляции флуктуаций логарифма амплитуды

$V_{\chi}(\rho_1, z_2; \rho_2', z_2') = \langle \tilde{\chi}(\rho_1, z_2) \tilde{\chi}(\rho_2', z_2') \rangle$, где $\tilde{\chi} = \chi - \langle \chi \rangle$.

Также проведено сравнение с результатами, полученными другими методами.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук В.П. Аксенов.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА СИНХРОНИЗАЦИИ МОД В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРАХ С КЕРРОВСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

А.С. Бордзиловский

Новосибирский государственный университет

Самофокусировка, или керровская нелинейность, является эффективным механизмом синхронизации мод в твердотельных лазерах. Эффект самофокусировки, комбинированный с жесткой или мягкой апертурой (ее роль может выполнять неоднородный профиль усиления), расположенной внутри резонатора, вызывает нелинейные зависящие от мощности потери, которые поддерживают режим синхронизации мод. Цель данной работы состоит в оптимизации параметров резонатора для снижения порога возникновения режима синхронизации мод, повышения его стабильности и увеличения частоты следования импульсов.

Рассмотрены четырех- и пятизеркальные конфигурации резонаторов жесткой и мягкой апертурой внутри. Для этих конфигураций рассмотрена зависимость критерия синхронизации, учитывающего разность потерь жесткой апертуре между режимом непрерывной генерации и режимом синхронизации, от линейных размеров резонатора и положения в нем нелинейной среды. В случае отсутствия жесткой апертуры работает другой механизм синхронизации мод, который описывается введением соответствующего критерия синхронизации. При расчетах мода в резонаторе считается гауссовой и находится методом итераций. Распространение гауссов

КОНТРОЛЛЕР СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СТАНЦИИ С CAN-ИНТЕРФЕСОМ

К.Н. Куксанов

Новосибирский государственный университет

Современная технология широко использует электронные пучки в процессах радиационной сшивки и отверждения полимерных материалов, стимулирования или инициирования химических реакций, очистки дыма, очистки сточных вод, дезинфекции зерна и т. д. Институт ядерной физики СО РАН является пионером в области внедрения ускорителей электронов в промышленность.

Системы управления промышленным ускорителем в значительной степени определяют его технические и эксплуатационные характеристики.

Для ускорителей ЭЛВ разработан простой протокол обмена с технологическим оборудованием. Программно этот протокол подкреплён возможностью автоматически включать ускоритель по готовности технологической линии без команды оператора и возможностью управлять током электронного пучка с помощью внешнего аналогового сигнала. Несмотря на достаточность этого протокола, ведутся работы по модернизации системы управления с целью увеличения надёжности и помехоустойчивости. Одно из новшеств состоит в использовании протокола обмена данными CAN.

Использование CAN-протокола (ISO 11898) позволяет увеличивать общую надёжность системы, скорость обмена данными между узлами, расстояние между блоками системы и управляющей станцией до нескольких сотен метров, а также уменьшить издержки, связанные с ремонтом и модернизацией. Одним из основных преимуществ данного протокола является то, что работоспособность линии остается при обрыве или заземлении любого из проводов. Другим преимуществом является наличие большого спектра стандартных контроллеров, трансиверов. Использование данного протокола позволяет облегчить не только запуск и наладку существующих систем, но и разработку новых, так как в большинстве контроллеров проверка и обработка ошибок вынесена на аппаратный уровень. Пользователю приходится работать только с входными и выходными регистрами. При использовании нового контроллера управляющая станция не требует модернизации и остается совместимой с уже используемым оборудованием. Указанный контроллер разработан и изготовлен. На данном этапе проходит тестирование специализированных управляющих станций для ускорителей ЭЛВ с CAN-интерфейсом. В первую очередь эти станции планируется использовать для управления

тремя ускорительными модулями через один компьютер в новом ускорителе ЭЛВ-12, а в дальнейшем и на обычных ускорителях.

Научный руководитель – канд. техн. наук. П.И. Немытов.

ПРОЦЕССОР ВВОДА/ВЫВОДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ РЕГИСТРАЦИИ СОБЫТИЙ ДЕТЕКТОРА СНД

А.В. Овчар

Новосибирский государственный университет

Процессор ввода/вывода (ПВВ) предназначен для сбора данных (событий) с информационных плат (ИП) и передачи их в компьютер для дальнейшей обработки.

В рамках проекта модернизации детектора и, как следствие, увеличения потока событий до $1\text{кГц} \times 3\text{Кбайта} \approx 3\text{Мбайта/с}$ было решено разработать новый ПВВ вместо использовавшегося ранее процессора вывода (ПВ), не отвечавшего требованиям по скорости.

Логика процессора запрограммирована в ПЛИМ фирмы «ALTERA»-FLEX10K50A.

В качестве интерфейса передачи данных между ПВВ и компьютером был выбран стандарт Ethernet – IEEE 802.3u (100 Мбит/с). Критериями выбора данного интерфейса послужили: простота, достаточная скорость, существование стандартных готовых компонентов и оборудования.

Для взаимодействия с ПВВ была написана библиотека под управлением операционной системы Linux и набор тестовых программ для загрузки ПВВ и тестирования.

Научные руководители – канд. физ.-мат. наук В.П. Дружинин, науч. сотр. А.А. Король.

ФИЗИКА УСКОРИТЕЛЕЙ И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ТРЕКОВОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕКТОРА СНД

П.В. Филатов

Новосибирский государственный университет

Для работы на строящемся в ИЯФ коллайдере ВЭПП-2000, рассчитанном на работу в диапазоне энергий 1–2 ГэВ в системе центра масс сталкивающихся частиц, проводится модернизация детектора СНД. В связи с изменением конструкции места встречи на новом коллайдере будет модернизирована трековая система СНД.

Новая трековая система выполнена в виде единого газонаполненного объёма цилиндрической формы, в котором расположены девятислойная дрейфовая камера с ячейкой струйного типа (JET) и пропорциональная камера. Дрейфовая камера используется для измерения точки, направления вылета и ионизационных потерь заряженной частицы. Камера состоит из 24-х дрейфовых ячеек, азимутальный угловой размер ячейки – 15°. В каждой ячейке введён радиального направления расположенных 9 чувствительных проволочек. Для разрешения “лево-правой” неоднозначности при восстановлении траектории заряженной частицы чувствительные проволочки в нечётных и чётных слоях смещены в азимутальном направлении на ± 300 мкм относительно оси ячейки. В качестве анодных проволочек используется проволока из позолоченного вольфрама диаметром 15 или 20 мкм. Полевые и экранирующие титановые проволочки имеют диаметр 100 мкм.

Для выбора оптимальных потенциалов в дрейфовой и пропорциональной камере был проведён расчёт электрических полей в ячейке камеры с помощью пакета программ *Garfield*. При расчёте требовалось обеспечить однородность коэффициента газового усиления в разных слоях в ячейке и эффективный сбор ионизации со всего объёма ячейки. Была описана геометрия трёх ячеек, анодные проволочки находились под нулевым потенциалом, потенциал на полевых проволочках оптимизировался для выполнения указанных требований путём итераций. Итерации проводились в два этапа: при помощи *Garfield* находилось распределение полей в ячейке, затем рассчитывался коэффициент газового усиления методом численного интегрирования.

Получена оптимальная структура поля в дрейфовой ячейке. В девятом слое область однородного дрейфового поля составляет около 60 % объёма,

в остальных слоях однородность близка к 100 %. Неоднородность в девятом слое возникает из-за сильного влияния потенциалов пропорциональной камеры. Было показано, что для обеспечения однородности коэффициента газового усиления в ячейке необходимо увеличить диаметр анодных проволочек в первом слое дрейфовой камеры и в пропорциональной камере с 15 мкм до 20 мкм. При этом достигнута степень однородности по коэффициенту усиления на уровне 10 %.

Расчитанные потенциалы будут использованы при изготовлении высоковольтного делителя камеры.

Научный руководитель – науч. сотр. А.В. Васильев.

ДЕТЕКТОР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ МАММОГРАФИИ

П.А. Папушев

Новосибирский государственный университет

Настоящая работа посвящена разработке детектора для цифровой маммографии на основе газовой ионизационной камеры. Детектор работает по принципу накопления заряда без газового усиления и его оцифровки при одновременном сканировании в ортогональном направлении. Основой детектора является веерообразная полосковая считывающая структура с шагом 125 мкм, направленная на фокус рентгеновской трубки. Дрейф зарядов обеспечивается дрейфовым электродом, размещенным над считывающей структурой. Детектор заполнен чистым ксеноном под давлением 7 – 10 атм. Оптимальная энергия для обнаружения мелких неоднородностей в исследуемом объекте (4 – 6 см мягкой ткани) составляет 22 – 24 кэВ.

Основными задачами работы являются моделирование и последующее измерение параметров, характеризующих пространственное разрешение (форма канала и частотно-контрастная характеристика), динамический диапазон, чувствительность и эффективность детектора.

Один из основных вопросов – определение степени ухудшения пространственного разрешения из-за пробега фотоэлектронов, ожеэлектронов и флуоресцентных фотонов в рабочем объеме и возможность расчетным путем определять исходное пространственное распределение заряда на стрипах до его оцифровки структурой каналов. Так как теоретических сечений для расчета прохождения электронов в тяжелом газе при таких энергиях (от нескольких десятков кэВ до сотен эВ) нет, то нами используется компьютерное моделирование с помощью разработанной в ЦЕРНе

программы *Geant-4*. Эта программа использует экспериментальные таблицы сечений *EEDL*, *EPDL* и *EADL*, дополненные их экстра- и интерполяцией, и позволяет проводить трассировку электронов и фотонов в веществе вплоть до энергии 250 эВ.

В работе представляются результаты измерений пространственного разрешения и квантовой эффективности регистрации, измеренные на прототипе детектора, и результаты моделирования, показывающие правильность выбранных параметров.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Л.И. Шехтман.

ИЗМЕРЕНИЕ СВЕТИМОСТИ КОЛЛАЙДЕРА ВЭПП-4М

С.А. Балашов

Новосибирский государственный университет

Целью работы является оперативное измерение светимости коллайдера ВЭПП-4М по однократному тормозному излучению (ОТИ). Регистрация γ -квантов ОТИ осуществляется сцинтилляционными сэндвичами, установленными с обеих сторон от места встречи. Регистрируются только γ -кванты, имеющие энергию выше некоторой пороговой. Сечение регистрации процесса ОТИ определяется пороговой и максимальной энергией γ -квантов и составляет величину порядка 10^{-25} см^2 . Оперативное измерение светимости используется для настройки максимальной светимости коллайдера, а также для контроля за обычно основным методом измерения светимости по процессу упругого рассеяния. В эксперименте по измерению масс J/ψ - и ψ' -мезонов процесс ОТИ является основным способом измерения светимости вследствие независимости сечения ОТИ от энергии в области резонансов. Точность измерения светимости определяется точностью вычисления сечения регистрации процесса, точностью определения и стабильностью параметров, от которых зависит это сечение, и точностью разделения эффекта и фона. Для ОТИ при электрон-позитронных столкновениях основным фоновым процессом является тормозное излучение частиц на остаточном газе. Величина фона не превышает 10 % от эффекта и во время эксперимента регулярно измеряется при разведенных в месте встречи пучках. Между измерениями величина фона определяется интерполяцией.

При измерении масс резонансов результат не зависит от неточности абсолютного значения светимости, важна только стабильность результатов ее измерения. В экспериментах по измерению масс J/ψ - и ψ' -мезонов на комплексе ВЭПП-4М – КЕДР суммарная нестабильность измерения све-

тисности по процессу ОТИ не превышала 5 %, что может привести к дополнительной систематической ошибке в величине масс не более 6 кэВ.

Результатом работы является постоянное, надежное и достаточно точное измерение светимости коллайдера ВЭПП-4М, которое позволило получить новые физические результаты.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А.И. Воробьев.

ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ 0,9 – 1,4 ГЭВ С ДЕТЕКТОРОМ КМД-2

А.В. Пак

Новосибирский государственный университет

Дисперсионные соотношения позволяют выразить такие величины, как адронный вклад в поляризацию вакуума и аномальный магнитный момент мюона, $\alpha(M_Z^2)$ - значение постоянной тонкой структуры при передачах импульса $q^2 \sim M_Z^2$ как интегралы от полного адронного сечения e^+e^- -аннигиляции с некоторой весовой функцией. Характер поведения весовой функции подчеркивает вклад низких энергий. Знание этих величин с хорошей точностью даст возможность проверить наличие отклонений от стандартной модели.

Прецизионное измерение полного сечения e^+e^- -аннигиляции в адроны – одна из основных задач экспериментов на коллайдере ВЭПП-2М, и, в частности, детектора КМД-2.

Изучение отдельных каналов e^+e^- -аннигиляции также важно, т.к. дает информацию о спектроскопии легких кваркониев ρ^- , ω^- , ϕ -мезонов.

Измерение сечений отдельных каналов вблизи их порога дает возможность проверить предсказания киральной теории возмущений.

Реакция $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ доминирует над всеми остальными адронными каналами e^+e^- -аннигиляции в области энергий от 1 до 2 ГэВ.

Целью работы является измерение сечения данного процесса. Обработывалась статистика, набранная детектором КМД-2 в 1997-1998 годах. Суммарная интегральная светимость составила 18 обратных пикобарн.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук С.И. Эйдельман.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ВКЛАДА В АНОМАЛЬНЫЙ МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ МЮОНА СОСТОЯНИЙ $\pi^0\gamma$ И $\eta\gamma$ ЧЕРЕЗ ПОЛЯРИЗАЦИЮ ВАКУУМА С ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТЬЮ

А.В. Киселёв

Новосибирский государственный университет

Измерение аномального магнитного момента мюона a_μ является одним из способов проверки стандартной модели. Брукхейвенская национальная лаборатория США планирует представить экспериментальное значение a_μ с рекордной точностью $4 \cdot 10^{-10}$, что ставит задачу уточнения теоретического значения a_μ .

Для нахождения вкладов состояний $\pi^0\gamma$ и $\eta\gamma$ поляризации вакуума использовались новые измерения сечений процессов $e^+e^- \rightarrow \pi^0\gamma$, $\eta\gamma$ с детекторами СНД и КМД-2. Интегрирование экспериментальных данных производилось как по правилу трапеций, так и после аппроксимации сечений исходя из модели векторной доминантности (МВД). В области низких энергий, где экспериментальные данные отсутствуют, применялись теоретические формулы, также следующие из МВД.

Вклады состояний $\pi^0 e^+e^-$, $\pi^0 \mu^+\mu^-$ и ηe^+e^- в поляризации вакуума находились также с использованием экспериментально измеренных сечений процессов $e^+e^- \rightarrow \pi^0\gamma$, $\eta\gamma$ на основе интегрального соотношения, следующего из диаграмм $e^+e^- \rightarrow \pi^0(\eta)\gamma^* \rightarrow \pi^0(\eta)e^+e^-$, $\pi^0\mu^+\mu^-$.

В результате суммарный вклад состояний $\pi^0\gamma$ и $\eta\gamma$ получился примерно на 25 % больше, чем в ранее опубликованных работах и составил (133 ± 3) % от планируемой ошибки эксперимента в Брукхейвене. Суммарный вклад состояний $\pi^0 e^+e^-$, $\pi^0 \mu^+\mu^-$ и ηe^+e^- оказался на уровне 1 % этой ошибки.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Н.Н. Ачасов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛЬНОТОЧНОГО БЕТАТРОНА СБ-50 ДЛЯ ГАММА-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Д.Б. Элмуротова, Ш.А. Махмудов

Национальный университет Узбекистана им. М. Улукбека

Изучены возможности использования сильноточного бетатрона СБ-50 [1] внутри камерным облучением для гамма-активационного анализа.

Измерены выходы радионуклидов, образующих в фотоядерных реакциях типа (γ, γ') , (γ, n) , $(\gamma, n)^m$, (γ, p) , $(\gamma, p)^m$, $(\gamma, 2n)$, $(\gamma, 2n)^m$, (γ, pn) и (γ, d) при облучении 36 элементов тормозным излучением с максимальной энергией $E_{\gamma\max} = 30$ МэВ. Время облучения – 10 мин., время выдержки до начала измерения – 1 мин., измерения 5 мин. и 10 мин. Гамма-активности образцов измеряли на Ge(Li)-спектрометре с анализатором LP-4900. Определены пределы обнаружения элементов. Для большинства элементов предел обнаружения составляет $10^{-4} \div 10^{-6}$ г.

На основе полученных данных была разработана методика определения содержания Si, Cu, Ru, Ba и Pb в некоторых неорганических стеклах, элементного состава сложных карбидов тугоплавких металлов, содержание металлов (Cu, Co, Ni и Cr) в элементоорганических соединениях.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доц. С.Р. Полванов.

ВАКУУМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ХОЛОДНЫХ УЧАСТКОВ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ LHC

Р.В. Достовалов

Новосибирский государственный технический университет,
Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера

В строящемся сверхпроводящем адронном суперколлайдере LHC (CERN, Женева, Швейцария) предполагается использование в вакуумной камере специальной вставки (лайнера) с целью уменьшения тепловой нагрузки на криогенную систему коллайдера, вызываемой синхротронным излучением (СИ) пучка протонов и выделяемой активной мощностью наведенного этим пучком движущегося заряда на стенках вакуумной камеры. Кроме того, предполагается использовать распределенную откачку вакуумной камеры криосорбирующим материалом, расположенном на защищенной от СИ внешней стороне лайнера и находящемся при темпера-

туре от 5 до 20 К. Детальное изучение этой проблемы проводится вакуумной группой LHC CERN совместно с ИЯФ СО РАН (Новосибирск, РФ).

В настоящее время в ИЯФ разработан экспериментальный стенд, предназначенный для моделирования и исследования вакуумных параметров прототипа вакуумной камеры LHC. Проведена калибровка датчиков давления, экспериментально измерены адсорбционная емкость установки и проводимость инжекционного канала. Проведено сравнение параметров скоростей откачек двух конструкций лайнера, предложенных CERN для вакуумной камеры LHC. Исследуются параметры лайнера с криосорбером charcoal в динамическом (скорость откачки) и равновесном (емкость) режимах для различных температур. В этих экспериментах напускаемым газом является H_2 .

Подготовлена также модернизация установки для исследования плоских образцов криосорберов в диапазоне температур от 5 до 100 К. На данный момент в качестве криосорберов предложено исследовать толстые пленки анодированного алюминия Al_2O_3 и специальные пористые медные таблетки. Эти криосорберы изготавливаются в институтах СО РАН по уникальным технологиям.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, чл.-кор. Г.Н. Кулипанов.

ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА ТРЕМЯ СЕТОЧНЫМИ ДАТЧИКАМИ НА ФОРИНЖЕКТОРЕ ВЭПП-5

Ф.А. Еманов

Новосибирский государственный университет

В Институте ядерной физики строится ускорительный комплекс ВЭПП-5. В ускорительный комплекс входит форинжектор с высокой производительностью (10^{11} электронов и позитронов в секунду), состоящий из двух линейных ускорителей, изохронного ахроматичного поворота и конверсионной системы. В настоящий момент собран первый линейный ускоритель, ведется подготовка его к работе с конверсионной системой. Для обеспечения эффективной работы конверсионной системы необходимо сфокусировать электронный пучок на ее мишени, а для этого необходимо знать параметры пучка.

Для нахождения параметров пучка на выходе 300 МэВ линака измеряется профиль пучка при помощи трех сеточных датчиков, одновременно измеряются токи в элементах магнитной системы. По данным с сеточных датчиков находятся «радиусы» пучка, при помощи поворотного магнита и люминофора находится энергия пучка, затем рассчитываются жесткости

квадрупольных линз. По этим данным рассчитываются параметры Твиса и эмиттанс при помощи уравнений преобразования параметров пучка в оптической системе. Расчеты проводятся в приближении линейной оптики. Такой метод измерения позволяет настраивать форинжектор без разрушения пучка.

Одной из основных проблем данной работы является количественное измерение по сеточным датчикам, так как вольфрамовые проволочки, из которых он состоит, имеют различные коэффициенты вторичной электронной эмиссии, а следовательно, необходима калибровка всех каналов измерения по коэффициенту усиления. Такая калибровка проводится перемещением пучка при помощи корректора вдоль датчика.

Научный руководитель – С.М. Гуров.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПУЧКА РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В 300 МЭВ-ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ФОРИНЖЕКТОРА ВЭПП-5

Т.А. Яскина

Новосибирский государственный университет

Основу форинжектора составляют линейный ускоритель электронов на энергию 300 МэВ, линейный ускоритель электронов и позитронов на энергию 500 МэВ, изохронная магнитная система для поворота пучка 300 МэВ-ускорителя на 180° , конверсионная система и ВЧ-пушка. Линак на 300 МэВ используется для получения интенсивных электронных сгустков для последующего производства позитронов, на 500 МэВ – как для ускорения позитронов, полученных в конверсионной системе, так и для ускорения электронов, сформированных в фотопушке. Первый линак состоит из пяти трехметровых ускоряющих секций с постоянным импедансом, работающих на бегущей волне, каждая секция, в свою очередь, состоит из 85 связанных резонаторов. Одновременно с ускорением частиц осуществляется их фокусировка при помощи квадрупольных магнитных линз, надетых на каждую ускоряющую секцию.

Для изучения динамики пучка в ходе его ускорения был создан код, который позволяет провести численное решение уравнений движения электронов в ускоряющем электрическом поле и фокусирующем магнитном как для одиночного сгустка, так и для их последовательности. В высокоэнергетическом сгустке силы пространственного заряда можно считать пренебрежимо малыми, и тогда кроме внешних полей на пучок будут дей-

ствовать только поля излучения, как собственные, так и от предыдущих сгустков.

Ускоряющие поля взяты по расчетам программой SLANS, а фокусирующие поля квадрупольных линз взяты по результатам магнитных измерений. Вариация магнитного поля позволяет получить минимальный поперечный размер пучка на выходе первого ускорителя. Значительное влияние на ускорение электронов оказывает то, что не все электроны попадают в максимум ускоряющего поля, и это приводит к увеличению энергетического разброса в сгустке.

Научный руководитель – С.М. Гуров.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ В ПЕРВОЙ ЧАСТИ ФОРИНЖЕКТОРА ВЭПП-5

Т.В. Рыбицкая

Новосибирский государственный университет

Для оптимизации работы форинжектора был создан код, моделирующий динамику электронов в ускорителе на пути от 200 кВ пушки до первой ускоряющей секции. Двухнаносекундный электронный пучок от пушки фокусируется на вход системы компрессии пучка, состоящей из субгармонического группирователя и группирователя на основной частоте форинжектора 2856 МГц. В результате продольного сжатия получается сгусток длительностью около 20 пс. Поперечная фокусировка пучка осуществляется продольным магнитным полем, нарастающим по мере продольного сжатия сгустка.

После прохождения второго дрейфового промежутка сгусток направляется в короткую группирующую секцию, где сжимается еще в десять раз в поле встречной волны основной частоты.

Для дальнейшего правильного ускорения пучка необходимо, изменяя параметры ускорителя (ток в катушках и их геометрические размеры), добиться наименьшего энергетического разброса и максимального сжатия пучка на входе в ускоряющую секцию. Но при уменьшении размеров сгустка увеличивается его разброс по импульсам и наоборот. Помимо этого при фокусировке и сжатии пучка большое значение имеет пространственный заряд сгустка. Поэтому требуется найти оптимальное решение, и без компьютерной симуляции здесь не обойтись.

Для моделирования данной системы внешние поля задаются на оси. Так как система является аксиально-симметричной, то, решая уравнения Максвелла, можно получить поля во всем пространстве. Уравнения решаются

в отсутствии среды и зарядов с известным граничным условием. Например, пушка моделируется гиперболическим спадающим электрическим полем, ускоряющим электроны до энергии 200 кэВ. Начальное состояние пучка в пушке задается максвелловским распределением по скоростям с продольной и поперечной температурой 0,1 эВ. Поля остальных элементов также задаются частями гипербол.

Расчет движения электронов осуществляется разностной схемой Рунге – Кутты второго порядка. Поля, возникающие в результате действия пространственного заряда, учитываются как поправки к внешним полям.

Научный руководитель – С.М. Гуров.

АЭРОФИЗИКА И НЕРАВНОВЕСНЫЕ ПРОЦЕССЫ

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА В ТОПОЧНЫХ КАМЕРАХ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Е.И. Лаврищева

Казахстанский национальный университет им. Аль-Фараби

Для Казахстана, обладающего богатыми месторождениями угля, проблемы, рационального использования угольного топлива, выходят на первый план. Поэтому вопросы, связанные с повышением эффективности использования энергии и решением экологических проблем, приобретают особую актуальность, особенно в связи с ухудшением экологической обстановки во многих регионах Казахстана.

С помощью предлагаемой модели можно в значительной степени оптимизировать процесс сжигания высокозольного угольного топлива и добиться минимального содержания вредных веществ в продуктах горения. Трехмерное моделирование с применением современных компьютерных технологий позволяет проводить глубокий анализ всех параметров котла, обеспечивая при этом экономии времени и средств.

Вычислительный эксперимент проводился на основе трехмерных уравнений конвективного теплопереноса с учетом распространения тепла, теплового излучения, химических реакций и многофазности среды. Получены картины распределения температуры, концентрации O_2 , CO_2 , CO , золы, кокса по высоте камеры сгорания.